

DERWENT-ACC-NO: 2000-634414

DERWENT-WEEK: 200551

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Surface acoustic wave apparatus for use in
wireless communication, has pillar-shaped electrodes
connected to input-output pad formed on piezoelectric
substrate to energize excitation electrodes protected by
cover

PATENT-ASSIGNEE: KYOCERA CORP[KYOC]

PRIORITY-DATA: 1999JP-0059269 (March 5, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 3677409 B2	August 3, 2005	N/A
010 H03H 009/25		
JP 2000261284 A	September 22, 2000	N/A
007 H03H 009/25		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 3677409B2	N/A	1999JP-0059269
March 5, 1999		
JP 3677409B2	Previous Publ.	JP2000261284
N/A		
JP2000261284A	N/A	1999JP-0059269
March 5, 1999		

INT-CL (IPC): H03H003/08, H03H009/25

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000261284A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - Excitation electrodes (2) of specific pattern formed on
piezoelectric
substrate (1) are protected by a cover (4). A pair of input-output
pads are
connected to excitation electrodes. Pillar-shaped electrodes (5) are

formed on
input-output pad and surrounded by insulator. The upper end (7) of
electrodes
(5) is used as input-output terminal to energize excitation
electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for
surface
acoustic wave apparatus manufacturing method.

USE - for use as filter in electronic devices used for wireless
communication.

ADVANTAGE - Excitation electrodes are protected using cover, thus
sufficient
oscillating space is obtained for excitation electrodes. As input-
output
terminal is taken out from pillar-shaped electrodes and compact and
distinct
connection to external apparatus is possible.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows sectional view of
surface acoustic
wave apparatus.

Substrate 1

Electrodes 2,5

Electrode upper end 7

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: SURFACE ACOUSTIC WAVE APPARATUS WIRELESS COMMUNICATE
PILLAR SHAPE

SUBSTRATE ELECTRODE CONNECT INPUT OUTPUT PAD FORMING PIEZOELECTRIC
ENERGISE EXCITATION ELECTRODE PROTECT COVER

DERWENT-CLASS: U14

EPI-CODES: U14-G;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-470433

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-261284

(P2000-261284A)

(43)公開日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 3 H 9/25
3/08

識別記号

F I

H 0 3 H 9/25
3/08

テームコード*(参考)

A 5 J 0 9 7

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-59269

(22)出願日 平成11年3月5日(1999.3.5)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72)発明者 勝田 洋彦

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京
セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 5J097 AA29 AA31 AA33 BB11 DD25

EE05 EE08 FF01 GG03 HA02

HA04 HA07 JJ06 JJ07 JJ09

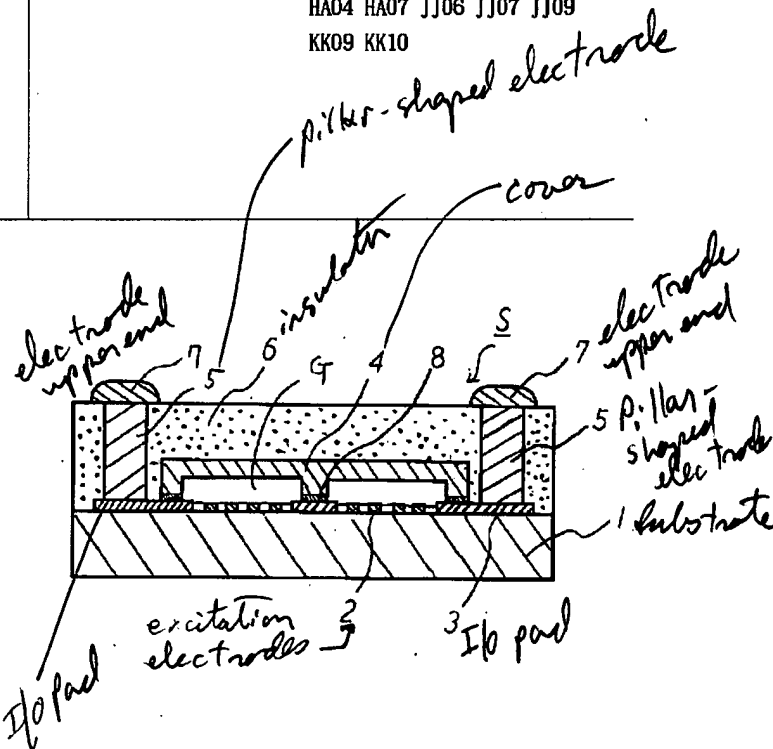
KK09 KK10

(54)【発明の名称】 弾性表面波装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 外形の占有面積の大きさが内蔵する弾性表面波素子とほぼ等しい、究極に小型化された表面実装可能な弾性表面波フィルタや振動子等の弾性表面波装置、及び、ウエハ状態でパッケージングまで行うことが可能で量産性に優れた製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 圧電基板1上に保護カバー4で覆った励振電極2及び該励振電極2に接続される入出力パッド3a、3bを形成し、各入出力パッド上に柱状電極5を立設するとともに、少なくとも柱状電極5の外周部を絶縁体6で包囲して成り、柱状電極5の上端部を電気信号の入出力端子としたことを特徴とする弾性表面波装置Sとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板上に保護カバーで覆った励振電極及び該励振電極に接続される入出力パッドを形成し、各入出力パッド上に柱状電極を立設するとともに、少なくとも前記柱状電極の外周部を絶縁体で包囲して成り、前記柱状電極の上端部を電気信号の入出力端子としたことを特徴とする弾性表面波装置。

【請求項2】 前記保護カバーは導電性を有し、且つ前記入出力パッド上に絶縁部材を介して配設されていることを特徴とする請求項1に記載の弾性表面波装置。

【請求項3】 保護カバーをカバー形成用基板上に形成する工程と、励振電極及び該励振電極に接続される入出力パッドを圧電基板上に形成する工程と、前記保護カバーで前記励振電極を覆うべく保護カバーを圧電基板に接着する工程と、前記カバー形成用基板を除去する工程と、前記入出力パッド上に柱状電極を形成する工程と、少なくとも前記柱状電極の外周部を絶縁体で包囲し前記柱状電極の上端部を入出力端子とする工程とを含むことを特徴とする弾性表面波装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信機器等の無線通信回路に主に用いられる弾性表面波装置に関し、特に表面実装可能な弾性表面波装置の小型化及びウエハプロセスでパッケージングまで行うことの可能な弾性表面波装置及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、電波を利用する電子機器のフィルタ、遅延線、発信機等の素子として多くの弾性表面波装置が用いられている。特に小型・軽量でかつフィルタとしての急峻遮断性能が高い弾性表面波フィルタは、移動体通信分野において、携帯端末装置のRF段及びIF段のフィルタとして多用されるようになって来ている。

【0003】携帯端末装置は小型・軽量化が進むとともに、複数の通信システムに対応するマルチバンド化により内蔵する回路が増加してきており、使用される電子部品はその実装密度向上のため表面実装可能な小型部品が強く要望されている。携帯端末装置のキーパーツである弾性表面波フィルタにおいても、低損失かつ通過帯域外の遮断特性とともに、表面実装可能な小型の弾性表面波フィルタが要求されている。

【0004】従来、弾性表面波フィルタは、キャンパッケージ型のものよりセラミックパッケージ型が実用化されているが、中でもセラミックパッケージ型は、キャンパッケージ型に比べ、表面実装可能で小型化が実現できる弾性表面波装置として広く用いられるようになってきている。

【0005】第1世代のセラミックパッケージ型弾性表面波フィルタは、パッケージ内に接着固定した弾性表面波素子とパッケージの内部電極とをワイヤーボンディ

ングにより電気接続していたが、ワイヤーボンディングを用いることによりパッケージ外形が大きくなり、弾性表面波フィルタは内蔵する弾性表面波素子の5倍～6倍の占有面積となっていた。

【0006】これを解決し小型化を図るために、第2世代のセラミックパッケージ型弾性表面波フィルタとして、図6に示すように、弾性表面波素子をパッケージ内部にフェースダウンボンディングしたものが実用化されてきている。

10 【0007】この弾性表面波フィルタJは、主として励振電極2が形成された圧電性の単結晶から成る基板51と、それを収容して成るセラミックパッケージから成るものであり、セラミックパッケージは基体53、枠体54、蓋体55及び内部電極56、外部電極57等から成る。弾性表面波素子はパッド58及びパンプ59を介して、その励振電極52とパッケージの外部電極57とが電氣的に接続されている。

20 【0008】この弾性表面波フィルタJでは、ワイヤーボンディングを使用していないので、第1世代のセラミックパッケージ型弾性表面波フィルタに比べ、約2分の1の小型化が図れている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第2世代のフェースダウン実装方式のセラミックパッケージ型弾性表面波フィルタにおいても、パッケージの外形の大きさは、内蔵する弾性表面波素子の約3倍であり、十分に小型化されていないという問題がある。

30 【0010】また、従来のパッケージへの実装方法は、デバイスチップをウエハから切断した後に、個別のパッケージを用いて組み立てを行うために、量産性に欠けるという欠点があった。

【0011】そこで、本発明はこのような課題に対処するためになされたものであり、外形の占有面積の大きさが内蔵する弾性表面波素子とほぼ等しい、究極に小型化された表面実装可能な弾性表面波フィルタや振動子等の弾性表面波装置、及び、ウエハ状態でパッケージングまで行うことが可能で量産性に優れた製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

40 【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の弾性表面波装置は、圧電基板上に保護カバーで覆った励振電極及び該励振電極に接続される入出力パッドを形成し、各入出力パッド上に柱状電極を立設するとともに、少なくとも柱状電極の外周部を絶縁体で包囲して成り、柱状電極の上端部を電気信号の入出力端子としたことを特徴とする。

【0013】特に、保護カバーは導電性を有し、且つ入出力パッド上に絶縁部材を介して配設されていることを特徴とする。

50 【0014】また、本発明の弾性表面波装置の製造方法

は、保護カバーをカバー形成用基板上に形成する工程と、励振電極及び該励振電極に接続される入出力パッドを圧電基板上に形成する工程と、前記保護カバーで前記励振電極を覆うべく保護カバーを圧電基板に接着する工程と、カバー形成用基板を除去する工程と、入出力パッド上に柱状電極を形成する工程と、少なくとも柱状電極の外周部を絶縁体で包囲し柱状電極の上端部を入出力端子とする工程とを含む。

【0015】ここで、保護カバーは特にメッキで形成するのが効率的に作製できる上に堅固な構成とすることが可能である。また、この保護カバーは励振電極の振動空間を確保するために、少なくとも励振電極を構成する例えば櫛歯状電極に相当する領域に凹部を設けた態様とする。さらに、この凹部は励振電極の形成領域に応じて複数領域に形成してもよく、また、対称的に又は幾何学的に配置されるようにするとよい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係わる弾性表面波装置の一実施形態を図面に基づいて説明する。

【0017】図1は弾性表面波装置Sを模式的に示す要部断面図であって、励振電極及び二つの柱状電極を通る断面線で切断した様子を模式的に示したものであり、その断面の様子を必ずしも正確に図示したものではない。

【0018】弾性表面波装置Sは、圧電基板1上に櫛歯状を成す励振電極2と、これに接続され入出力パッド及び接地パッドを含む配線電極3と、配線電極3（少なくとも入出力パッド）上に立設した複数の柱状電極5と、励振電極2の上方を励振電極2の振動空間Gを確保すべく覆う金属等から成る保護カバー4と、少なくとも柱状電極5の外周部を樹脂等の絶縁体から成る外部カバー6とを配設して成り、柱状電極5の上端部を電気信号の入出力端子としている。7は半田バンプであり、例えば外部回路基板（不図示）へ半田バンプ7が形成された側を下にして実装することが可能である。

【0019】ここで、保護カバー4を導電性としてことで外乱となる電波等に対してシールドすることができ、弾性表面波装置の安定化を図ることが可能である。ただし、この場合は保護カバー4は入出力パッド上に絶縁部材8を介して配設される。なお、さらに安定化を図るために、保護カバー4を接地電位に接続するようにしてもよい。

【0020】次に、上記弾性表面波装置Sの製造方法について説明する。まず、保護カバー4が配設された基板11上での作製工程について図2に基づき説明する。なお、図2は簡単のため一つの弾性表面波素子を形成するのに必要な基板上に保護カバーを作製する工程を模式的、部分的に図示したものであり、実際には後記するウエハに形成した励振電極領域に合致する保護カバー形成域が多数存在しているものとする。

【0021】図2(a)に示すように、弾性表面波素子

を形成する圧電基板と同サイズの基板（カバー形成用基板）11にメッキ用の電極膜40を形成する。なお、基板11には圧電性材料、シリコン、ガラス等を用いることができる。また、電極膜40は銅等の金属材料を用い、例えばスパッタ成膜により厚さ0.2 μ m～1 μ m程度に形成する。

【0022】次に、図2(b)に示すように、保護カバーの上部に相当する部分のメッキ用ガイドをフォトリソグラフィにより形成する。ここで、フォトレジスト90の厚さは50 μ m～100 μ m程度とする。

【0023】次に、図2(c)に示すように、上記金属材料（例えば銅）の電解メッキにより保護カバーの上部側に相当する領域41を形成する。このときに使用する電界液には、例えば硫酸銅0.5～1.0 $\times 10^3$ mol / m³ と硫酸1.5～2 $\times 10^3$ mol / m³ 等を用い、参照電極には例えば塩化カリウム・塩化銀等の標準電極を用いる。

【0024】次に、図2(d)に示すように、保護カバーの壁部に相当する部分のメッキ用ガイドをフォトリソグラフィにより形成する。このときのフォトレジスト91の厚みは50 μ m～100 μ m程度、また壁の厚さに相当する溝の幅は50 μ m～100 μ m程度とする。

【0025】次に、図2(e)に示すように、金属材料の電解メッキにより保護カバーの壁部に相当する領域42を形成し、その後、保護カバー42の上にスクリーン印刷により絶縁部材で且つ接着材8でもある低融点ガラスを厚さ5～10 μ m程度に形成する。なお、この接着材8は樹脂や半田等でもよいが、導電性部材を用いる場合には絶縁層を介して接着する。

【0026】最後に、図2(f)に示すように、フォトレジストを除去して凹部42aが対称的、幾何学的に形成された保護カバーを設けたカバー形成体Aが完成する。

【0027】次に、上記カバー形成体Aを用いて弾性表面波装置Sを製造する工程について図3に基づいて説明する。なお、図3においても図1及び図2と同様に模式的に図示したものである。

【0028】まず、図3(a)に示すように、圧電基板1上に励振電極2及び配線電極の第1層目31を形成する。ここで、圧電基板1には、ニオブ酸リチウム単結晶基板、タンタル酸リチウム単結晶基板、水晶結晶基板、四ホウ酸リチウム単結晶基板、ラングサイト型単結晶であるランタン、ガリウム、VA族元素（ニオブ、タンタル等）を含む酸化物単結晶等のいずれかから成る圧電基板、PZT基板等の圧電基板等を用いることができる。励振電極2及び配線電極3の第1層目31はアルミニウムまたは銅等を添加したアルミニウム合金が用いられる。励振電極2は弾性表面波を励振及び受信を行うためのものであり、本実施例では単層としているが、電極の耐電力性向上のため多層電極とすることも可能である。

これらの成膜は蒸着又はスパッタで行い、厚さ $0.2\mu\text{m}$ ～ $0.5\mu\text{m}$ 程度とする。

【0029】次に、図3(b)に示すように、配線電極3の第2層目32をフォトリソグラフィにより選択的に形成する。配線電極3の第2層目の電極材料としてニッケル、クロム、チタン等と銅を用いる。配線電極3の第2層目32の厚さは $0.2\mu\text{m}$ ～ $0.5\mu\text{m}$ 程度とする。

【0030】次に、図3(c)に示すように、上記したカバー形成体Aを圧電基板1上の励振電極2に対して位置合わせして載置させ、不活性ガス雰囲気中で低融点ガラスから成る絶縁部材接着剤8を介して接着する。この低融点ガラスの接着温度は 350°C ～ 450°C である。

【0031】次に、図3(d)に示すように、保護カバー形成用に用いた基板11及びメッキ用電極41の一部を研磨により除去し、後記する柱状電極をメッキで形成するためのメッキ用ガイドをフォトリソグラフィで形成する。この研磨は、研磨剤のみのメカニカル研磨による粗研磨とメカノケミカル研磨の2段階で行う。フォト

レジスト9の厚さは $200\mu\text{m}$ ～ $400\mu\text{m}$ とする。また、柱状電極用の穴の径は $50\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ とする。

【0032】次に、図3(e)に示すように、銅の電解メッキにより、柱状電極5を形成する。電解液には、硫酸銅 $0.5\sim 1.0\times 10^3\text{ mol/m}^3$ と硫酸 $1.5\sim 2\times 10^3\text{ mol/m}^3$ を用い、参照電極には塩化カリウム・塩化銀の標準電極を用いる。

【0033】次に、図3(f)に示すように、フォトレジスト9を除去する。その後、柱状電極形成用の配線電極第2層目31の一部を、柱状電極5及び保護カバー4をマスクにしてエッチングにより除去する。エッチングにはウェットエッチング又はRIE等のドライエッチングが用いられる。

【0034】次に、図3(g)に示すように、熱硬化樹脂の押し出し成形法により樹脂から成る外部カバー6をもって少なくとも柱状電極5の外周部を覆う。この時、樹脂を上部から押えるダイの面に厚さ約 $100\mu\text{m}$ 樹脂フィルムを装着しておくことにより、柱状電極5の上部を樹脂体から露出させることができる。外部カバー6の厚さは $200\mu\text{m}$ ～ $400\mu\text{m}$ とする。なお、強度的に問題がなければ保護カバー4の上面等を外部に露出させてもよい。

【0035】最後に、図3(h)に示すように、クリーム半田を柱状電極の上部にスクリーン印刷し、リフローすることにより半田バンパ7を形成し弾性表面波装置Sが複数個含まれたウエハが完成する。このウエハをダイシング等で切断することにより、個々の弾性表面波装置Sが得られる。このようにして、高信頼性を有し且つチップサイズと同等な大きさの究極的な小型化が実現され

た弾性表面装置Sを、量産性に富み大幅に工程が簡略化された方法で製造することができる。そして、柱状電極5の上端部を入出力端子として用い、外部回路基板に弾性表面波装置Sを容易に実装することができる。

【0036】図4(a)(b)及び図5(a)(b)は、上記弾性表面波装置Sにおいて、ラダー型フィルタと二重モード共振器型フィルタを実現した場合の励振電極部分の様子を模式的に示す図である。

【0037】図4(a)は圧電基板1上の励振電極2及び配線電極(入力パッド3a、出力パッド3b、接地パッド3c)のパターンを示し、図5(a)は励振電極2及び配線電極(入力パッド3e、出力パッド3m、接地パッド3d、3f、3k、3n、ノーコネク(No Connect)パッド3g、3h、3i、3j)のパターンを示したものである。また、図4(b)、図5(b)は保護カバー4の壁面部分の断面模式図を示したものである。

【0038】このように、励振電極2の上部に相当する部分のみ保護カバーの凹部を対称的、幾何学的に配設することにより、保護カバー4の機械的信頼性を大きく向上させることができ、特に、電極面積の大きい設計の場合には有効である。

【0039】また、上記構成とすることで、入力と出力間に、導電性カバーを介在させることで、入出力間のアイソレーションが良好となり、減衰特性が向上する。また、柱状電極5の上端部における入出力端子と接地端子が対称となるので、回路基板との接続が簡便となる。また、特に図5に示す二重モード共振器型フィルタの場合、3g-3iまたは3h-3j間に、適当な容量を介在させることで、帯域近傍に減衰極を作ることができ、帯域幅及び減衰量の制御ができる。

【0040】

【実施例】次に、本発明を適用した弾性表面波フィルタ素子の具体的な実施例について説明する。

【0041】まず、図3(a)に示すように、圧電基板に励振電極と配線電極第1層目を形成した。圧電基板には厚さ 350ミクロン の 36°Y カットタンタル酸リチウム基板を用い、励振電極及び配線電極の第1層目の電極にはアルミニウム合金(銅含有量1重量%)を用いた。電極厚さは 3000\AA とした。配線電極の第2層目32にはニッケル/銅の2層電極を用い、それぞれの厚さは 1000\AA 、 2000\AA とし、フォトリソグラフィを用いて選択的に形成した。

【0042】次に図3(c)に示すように、シリコン基板上に形成された保護カバー4を低融点ガラスで接着し、その後研磨機を用いてシリコン基板及び保護カバーメッキ形成用金属膜41を除去した。

【0043】次に、図3(d)、(e)に示すように、柱状電極をメッキにて形成するためのガイドをフォトレジストで形成し、銅の電解メッキにて柱状電極を形成した。この柱状電極の直径は $100\mu\text{m}$ 、高さは 400μ

mであった。

【0044】次に、図3(f)、(g)に示すように、メッキガイド用のフォトレジストを除去した後、熱硬化性のモールド用樹脂を用い、押し出し成形法による封止を行った。ここで、樹脂を上部から押えるダイに100 μ m厚の耐熱樹脂フィルムを装着することにより、柱状電極の上部が樹脂層6より露出するようにした。樹脂層厚みは約400ミクロンとした。

【0045】次に、クリーム半田を10 μ mの厚さで、柱状電極の上部にスクリーン印刷した後、リフローを270℃で行い、半田バンプを形成した。

【0046】最後に、基板をダイシングにより弾性表面波装置を1個毎に分離し弾性表面波装置を製造した。

【0047】このようにして製造した弾性表面波装置の励振電極は金属製の保護カバーおよび封止樹脂により保護されているので、高い信頼性を有するとともに、弾性表面波素子(1mm \times 1.5mm)とほぼ同じ占有面積を有し、高さ0.8mmの低背化が実現できた。

【0048】

【発明の効果】以上、詳細に述べたように、本発明の弾性表面波装置によれば、励振電極の振動空間を確保しつつ弾性表面波素子を確実に保護することができる。また、入出力端子を有しつつ、従来のようなパッケージ等の筐体を不要とすることができる。これにより、信頼性が高く、表面実装可能であり、且つ弾性表面波素子とほぼ同サイズの究極的に小型化された弾性表面波装置を提供することができる。

【0049】また、励振電極及び入出力パッドの占める面積が大きい場合には、保護カバーに形成した凹部を励振電極の形成領域毎に分割することにより、更に機械的信頼性を向上することができる。

【0050】また、保護カバーに形成された複数個の凹部は、それぞれが独立した凹部であれば有効であるのは言うまでもないが、機械的強度を損なわないように凹部どうしが繋がっていても同様の効果が得られる。これにより、更に信頼性を高めることができ小型化が可能な優れた弾性表面波装置を提供することができる。

【0051】本発明の弾性表面波装置の製造方法によれば、全ての工程をウエハプロセスで行うことが可能となり、多数の弾性表面波装置から成るウエハをダイシング工程で個々の弾性表面波装置にカッティングすることに

より完成品を得ることができる。

【0052】したがって、ウエハレベルパッケージングを実現することができ、従来のように各弾性表面波装置毎にパッケージ(保護筐体)を準備し、ダイシング工程を経てチップ化された弾性表面素子を個別に組み立てる必要がなく、そのため、処理能力の小さいダイボンダー、ワイヤーボンダー、シーム溶接機等の組立装置が不要となり、大幅な製造工程の簡略化と量産化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる弾性表面波装置を模式的に示す断面図である。

【図2】(a)～(f)はそれぞれカバー形成体の製造工程を模式的に示す断面図である。

【図3】(a)～(h)はそれぞれ本発明に係わる弾性表面波装置の製造工程を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明に係るラダー型弾性表面波フィルタ素子の態様を説明する図であり、(a)は主に電極パターンの様子を示す平面図であり、(b)は主に保護カバー及び柱状電極の様子を示す部分断面図である。

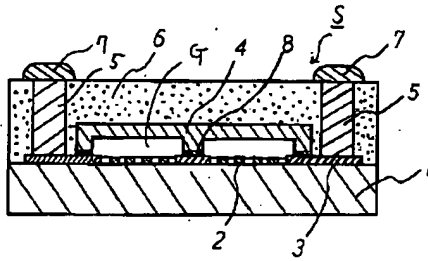
【図5】本発明に係る二重モード共振器型弾性表面波フィルタ素子の態様を説明する図であり、(a)は主に電極パターンの様子を示す平面図であり、(b)は主に保護カバー及び柱状電極の様子を示す部分断面図である。

【図6】従来の弾性表面波装置を模式的に示す断面図である。

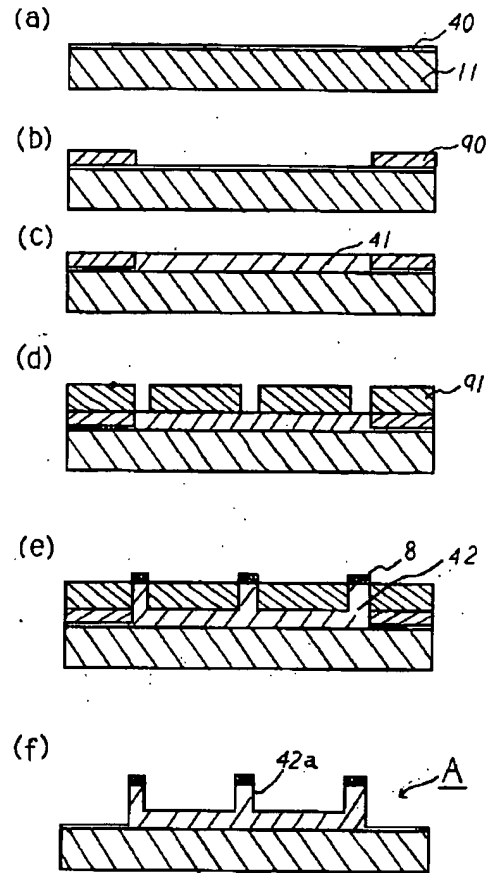
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------------------|
| 1 | : 圧電基板 |
| 2 | : 励振電極 |
| 3 | : 配線電極(入出力パッド及び接地パッドを含む) |
| 4 | : 保護カバー |
| 5 | : 柱状電極 |
| 6 | : 外部カバー(絶縁体) |
| 7 | : 半田バンプ(絶縁部材) |
| 8 | : 低融点ガラス |
| 9 | : フォトレジスト |
| 11 | : カバー形成用基板 |
| A | : カバー形成体 |
| G | : 振動空間 |
| S | : 弾性表面波装置 |

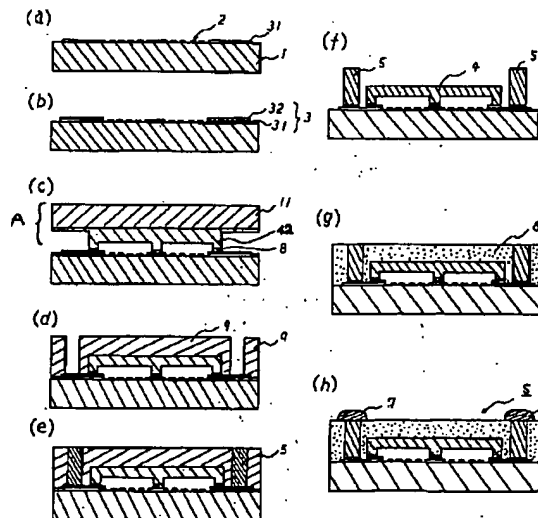
【図1】



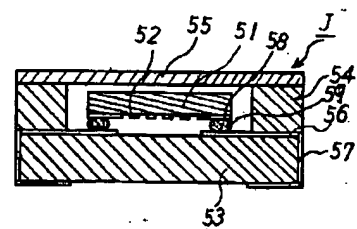
【図2】



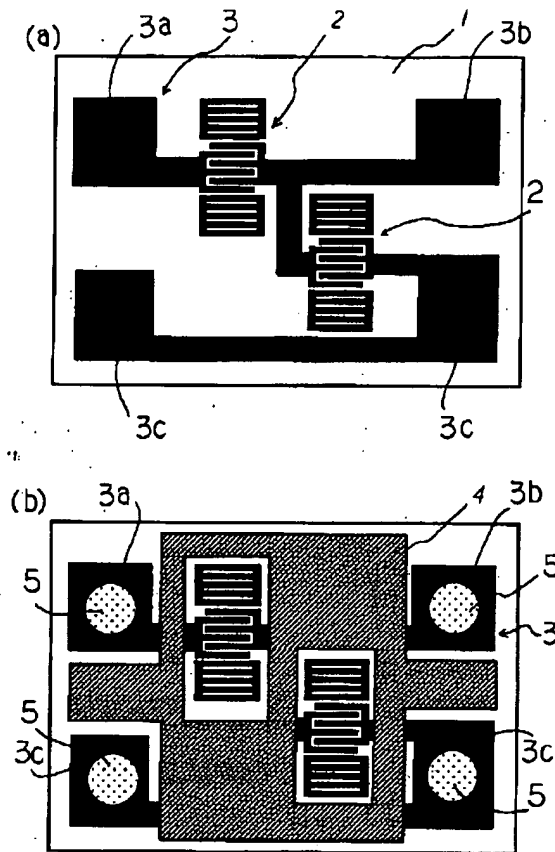
【図3】



【図6】



【図4】



【図5】

